

01998725 **Image available**

OPTICAL MODULATOR UTILIZING TOTAL REFLECTION ATTENUATION METHOD

Pub. No.: 61-212825 [JP 61212825 A]

Published: September 20, 1986 (19860920)

Inventor: KUWAMURA YUJI

Applicant: NEC CORP [000423] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

Application No.: 60-053685 [JP 8553685]

Filed: March 18, 1985 (19850318)

INTL CLASS: International Class: 4] G02F-001/03

JAPIO Class: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment)

JAPIO Keyword: R005 (PIEZOELECTRIC FERROELECTRIC SUBSTANCES)

Journal: Section: P, Section No. 545, Vol. 11, No. 42, Pg. 128, February 06, 1987 (19870206)

ABSTRACT

PURPOSE: To make use of a total reflection attenuation method to increase a modulating speed and to permit easy handling by incorporating a thin film which is sandwiched between the 1st and 2nd medium layers and has a negative dielectric constant and a modulating means for impressing a high-frequency electric field to be made into a modulating signal to the medium layer having an electrooptic effect.

CONSTITUTION: Incident light is made incident on the prism 3 of the optical modulator from one face of said prism and is reflected from the reflection surface thereof. The medium (matching oil) having the positive dielectric constant is disposed in parallel with one face of the prism 3. The thin film 4 having the negative dielectric constant is disposed between such medium 1 and the medium (ADP) 2 having the electrooptic effect in parallel with one face of the prism 3. The high-frequency electric field is impressed from a high-frequency power source 5 to the medium 2 and the electrooptic effect of the medium 2 is modulated with the high-frequency electric field. The high speed response of the optical modulation is made possible by utilizing the change of the refractive index by the electrooptic effect. The electrode area of the optical modulator is limited to the size equal to the spot size of the incident light, by which the capacity of the element is decreased and the modulating speed is increased.

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-212825

⑤ Int. Cl.

G 02 F 1/03

識別記号

庁内整理番号

B-7448-2H

④ 公開 昭和61年(1986)9月20日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑥ 発明の名称 全反射減衰法を利用した光変調器

⑦ 特 願 昭60-53685

⑧ 出 願 昭60(1985)3月18日

⑨ 発 明 者 桑 村 有 司 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内
 ⑩ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号
 ⑪ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

明 細 書

1. 発明の名称

全反射減衰法を利用した光変調器

2. 特許請求の範囲

一面から入射光を入力し反射面からの反射光を他面に出力するプリズムと、このプリズムと一面が接し前記反射面とそれぞれ平行に設けられこのプリズムの屈折率より小さくかつ各々がほぼ等しい屈折率をもち少くとも一方が電気光学効果を有する第1および第2の媒質層と、これら第1および第2の媒質層の間に挟まれ負の誘電率をもつ薄膜と、前記電気光学効果を有する媒質層に変調信号となる高周波電界を印加する変調手段とを含み全反射減衰法を利用した光変調器。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は全反射減衰法を用いた光変調器に関する

る。

(従来の技術)

現在、高速の直接変調ができないガス及びに固体レーザの変調手段として、メカニカル・シャッタ、電気光学効果あるいは音響光学効果を用いた外部光変調器が多く採用されている。これに対し全反射減衰法を利用した新しい光変調器が近年提案されたが、これは集光ビームの強度変調に対して高速変調が可能であること、受光面積が広いこと、取り扱いが簡単であること、などいくつかの特徴を有している。この新しい光変調器は、シンサーボックスら(G. T. Sincerbox および J. C. Gordon)による論文(雑誌「アプライド・オブティクス(Applied Optics)」第20巻, 8号, 15, 4月, 1981の1491~1494頁参照)に示されている。

第5図はこの従来の全反射減衰法を利用した光変調器の構造を示す断面図である。この光変調器は、ピエゾ電気物質8上に成長した金属薄膜7を間隔dの間隔6を隔ててプリズム底面3に近づけ

て形成される。つまり、プリズム3-間隔6-金属膜7-ビエツ電気物質8と重ねた構造となっている。

今、この光変調器の原理を説明するため、プリズムに単一周波数 ω のTM偏光を入射するとする。もし、光の入射角がプリズムと空気の臨界角よりも大きな角度で入射したとすると、プリズム3の底面から反射した光は100%反射率になる。ところが、この従来例の構造においては、プリズム3の底面から間隔dを隔てて金属薄膜7が存在するため、プリズムの全反射領域において第6図の特性図に示すように、特定の間隔(約900Å)で光の吸収を生ずる。

この現象は、物理的には、金属薄膜7表面に存在する表面波が入射光により励起されるために発生する現象であり、この励起モードを一般に表面ポラリトンと呼んでいる。この表面ポラリトンは、フォトンと分極波の相互作用により励起するモードであり、その電界は2種類の異なる媒質の界面に沿って伝搬し、界面から離れるに従って指数

- 3 -

(発明の目的)

本発明の目的は、このような欠点を除去し、変調速度が早く、信頼性が高く、取り扱い容易な光変調器を提供することにある。

(発明の構成)

本発明の光変調器の構成は、一面から入射光を入力し反射面からの反射光を他面に出力するプリズムと、このプリズムと一面が接し前記反射面とそれぞれ平行に設けられこのプリズムの屈折率より小さくかつ各々がほぼ等しい屈折率をもち少くとも一方が電気光学効果を有する第1および第2の媒質層と、これら第1および第2の媒質層の間に挟まれ負の誘電率をもつ薄膜と、前記電気光学効果を有する媒質層に変調信号となる高周波電界を印加する変調手段とを含み、全反射減衰法を利用したことを特徴とする。

(発明の原理)

第3図は本発明の原理を説明するための積層された2種類の媒質の界面に励起される表面ポラリトンの分散特性図で、その分散関係は曲線20の

- 5 -

関数的に減衰する表面波である。この光変調器は、この表面ポラリトンの励起による光吸収を利用したものであり、このプリズム3を用いて表面ポラリトンを励起する方法を全反射減衰法という。

この全反射減衰法により表面ポラリトンを励起させるには、光の入射角 θ および間隔dなどを調整する必要がある。シンサーボックスらによる光変調器は、第6図に示しているように光の入射角 θ を42.9°に固定して間隔dを変化させることによってプリズム底面での光の反射率が0から100%まで変化することを利用し、この間隔dを変化させる手段としてビエツ電気物質8を用いている。

しかしながら、この光電変調器は、ビエツ電気物質8による弾性効果を利用した素子であるため、応答速度が遅く数百kHzの変調速度しか得られていない。さらに、ビエツ電気物質8上に成長した金属薄膜7は間隔dが変化するために機械的な損傷を受けやすく素子の信頼性に問題があるなどの欠点があった。

- 4 -

ように示される。一般に金属膜が薄くなり、金属薄膜の両側の界面に励起される表面ポラリトンの電界が重なりあうと、その分散曲線は第3図の実線で示される2つのモード、すなわち非対称モードの曲線21と対称モードの曲線22とに分離する。このうち非対称モード(21)の電界は金属薄膜を取り囲む媒質に大きくしみ出すようになるため、この非対称モードの損失は少なくなり、全反射減衰法で観測できる光の吸収曲線は、第4図の曲線25に示されるように、きわめてシャープな曲線となる。従って、この非対称モードの吸収曲線から得られたATR信号は、金属薄膜を取り囲む媒質の屈折率の変化にきわめて敏感になる。

今、本発明の構成からなるプリズム系に単一周波数 ω のTM波を入射し、その光の入射角 θ を変化させると、入射光のプリズム底面に平行方向の波数ベクトル $k_{||}$ は次式のようにになる。

$$k_{||} = n_p \frac{\omega}{c} \sin \theta$$

ここで n_p はプリズムの屈折率、 c は光速とす

- 6 -

る。この波数ベクトル k_{11} は、第3図の定周波数 ω にそって変化することになり、表面ポラリトンの分散曲線と交差する波数ベクトル $k_{11} = k_1$ で、表面ポラリトンが励起する。

ここで、いずれか一方の媒質の屈折率を外部信号により n_1 だけ変化させると、表面ポラリトンの非対称モードの分散曲線 21 は、第3図の実線 21 から太い波線 24 のように変化し、第4図の実線 25 のように観察されていたATR信号が波線 26 のような信号に変化する。このATR信号の変化を所定の入射角 θ の波数ベクトル k_1 ($\theta_0 = \sin^{-1}(k_1 c / n_p \omega)$) に固定して観測すると、プリズムの底面での光の反射率が0%から100%に変化して光変調器が実現できる。

(実施例)

次に本発明の実施例を図面により説明する。

第1図は、本発明の一実施例を示す断面図である。本実施例は、電気光学効果を有する媒質2としてADP(リン酸水素アンモニウム)、誘電率 ϵ_m が負なる薄膜4として十分薄い銀薄膜、媒質

- 7 -

のオーダーで変化することによりほぼ100%に近い変調率が得られた。

次に、銀薄膜4の膜厚の影響を確認するため、その膜厚を 200 \AA とし、光の入射角 θ を 55.956° 、マッチングオイル1の間隔 d を $1.03 \mu m$ の条件で実験した結果、第2図の波線11に示したようになった。これらの曲線10, 11の相違から明らかのように、銀薄膜4の厚さをできるだけ薄くすることが有効である。

(発明の効果)

以上説明したような構成による本発明の光変調器においては、電気光学効果による屈折率変化を利用したものであるため、光変調の高速応答が可能になる。さらに、本発明の光変調器の電極面積は、入射光のスポットサイズの大きさ程度に限定することができるため、光変調素子を十分小さくすることができ、素子のキャパシタンスを小さくでき、超高速応答が実現できる。また、本発明の光変調器は、ピエゾ電気効果を利用した従来型の光変調器のように間隔 d を変化させる必要がない

- 9 -

1として屈折率 n_1 がADPの屈折率 n_2 にほぼ近いマッチングオイル、プリズム3としてはTAFD9(保谷ガラス製品)を用い、ADP基板2上に銀薄膜4を成長し、マッチングオイル1でこの銀薄膜4をおおった後、TAFD9プリズム3を銀薄膜4に近づけて形成される。

今、入射光の波長 λ を 6328 \AA 、光の入射角 θ を 55.535° 、マッチングオイル1の間隔 d を $1.855 \mu m$ 、銀薄膜4の膜厚 h を 100 \AA の条件に固定して本発明の動作を確認した。なお、上記の入射波長における各媒質の誘電率は、TAFD9プリズム3、マッチングオイル1、銀薄膜4、ADP2の順にそれぞれ $(1.84493)^2$ 、 $(1.51)^2$ 、 $-18 - i0.52$ 、 $(1.51)^2$ である。

第2図は本実施例の媒質2(ADP)の屈折率を変化した時のプリズム底面での光の反射率を示した特性図であり、銀薄膜4が 100 \AA の場合、実線10のようにシャープな特性を示す。この図からわかるように、ADP2の屈折率 n_2 が 10^{-4}

- 8 -

ため、素子の信頼性が高くなる等の利点を有する。

なお、本実施例は、媒質1, 2をマッチングオイル、ADPとし、薄膜4を銀薄膜として説明したが、本発明は特許請求の範囲に示したように、媒質1, 2はプリズムの屈折率より小さい正の誘電率(屈折率)を有し、薄膜4は負の誘電率をもつものであれば構成でき、また媒質1, 2を入れかえてもよいことは明らかである。

以上説明したように、本発明によれば、変調速度が早く、信頼性が高く、取り扱い容易な光変調器を実現することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の実施例の全反射減衰法を利用した光変調器の構造を示す断面図、第2図は第1図の光変調器の媒質2の屈折率変化とプリズム底面での光の反射率との関係を示した特性図、第3図は本発明の原理を説明する表面ポラリトンの分散曲線図、第4図は第3図の一定周波数 ω で観測した時の波数ベクトルの変化とプリズム底面

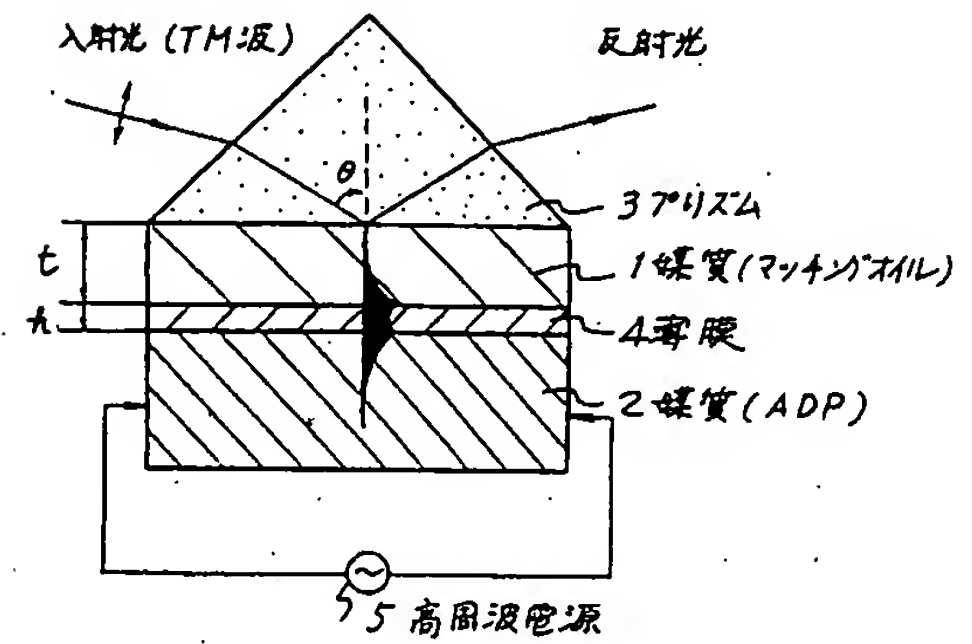
- 10 -

での光の反射率との関係を示した特性曲線図、第5図は従来の全反射減衰法を利用した光変調器の構造を示す断面図、第6図は従来型の光変調器の間隔 d の変化に伴うプリズム底面の光の反射率との関係を示した特性曲線図である。図において

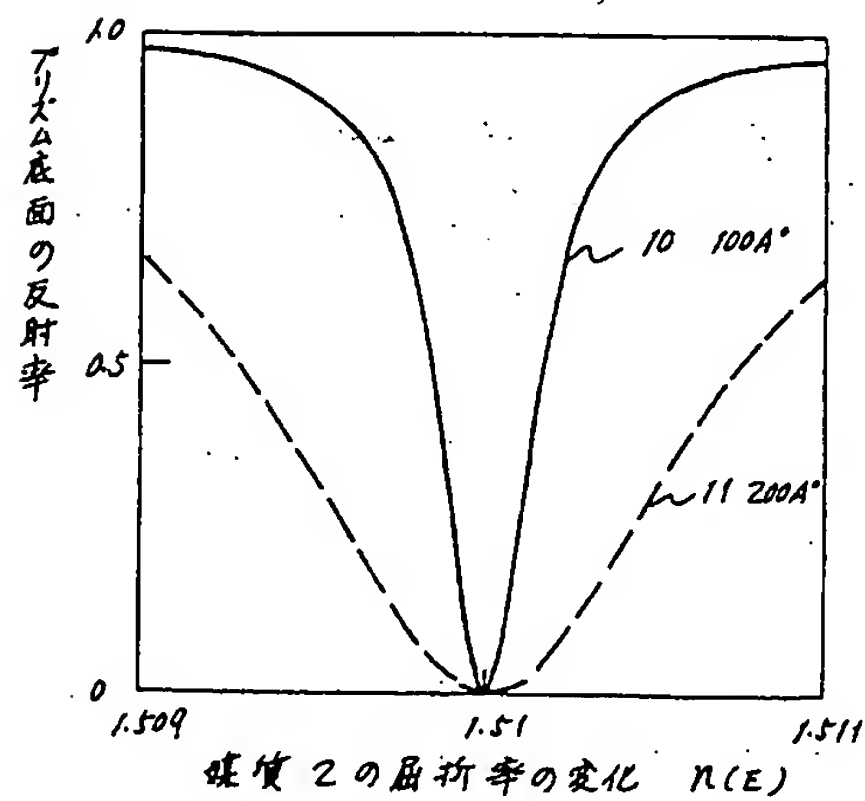
1 ……正の誘電率をもつ媒質(マッチングオイル)、2 ……電気光学効果をもつ媒質(ADP)、3 ……プリズム、4 ……誘電率が負なる薄膜、5 ……高周波電源、6 ……間隙、7 ……金属薄膜、8 ……圧電電気物質、10 ……層厚 100\AA のときの特性曲線、11 ……層厚 200\AA のときの特性曲線、21 ……表面ポラリトンの非対称モードの分散曲線、22 ……表面ポラリトンの対称モードの分散曲線、24 ……屈折率が変化した時の非対称モード分散曲線、25 ……所定屈折率の非対称モードによる特性曲線、26 ……屈折率が変化した時の非対称モードによる特性曲線である。

代理人 弁理士 内 原

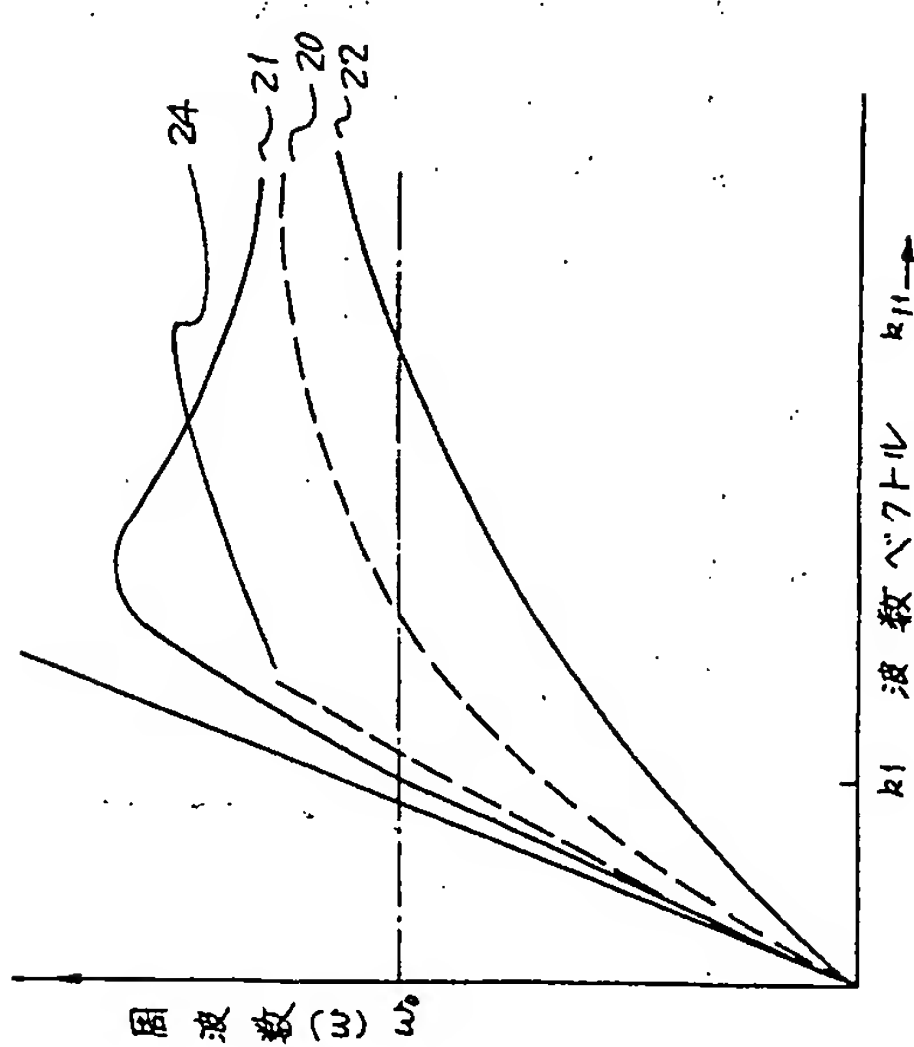
- 11 -



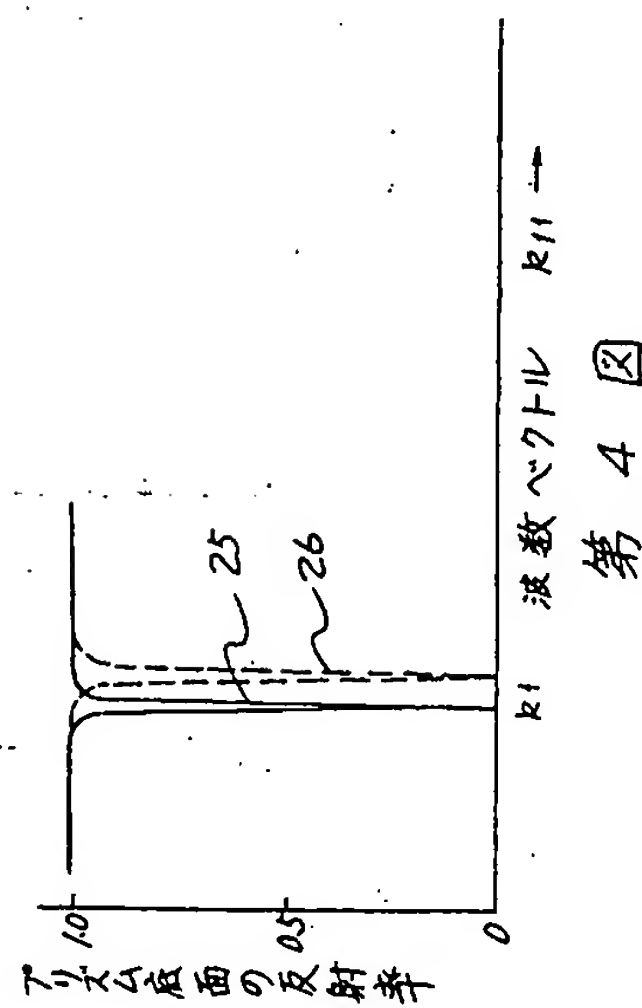
第 1 図



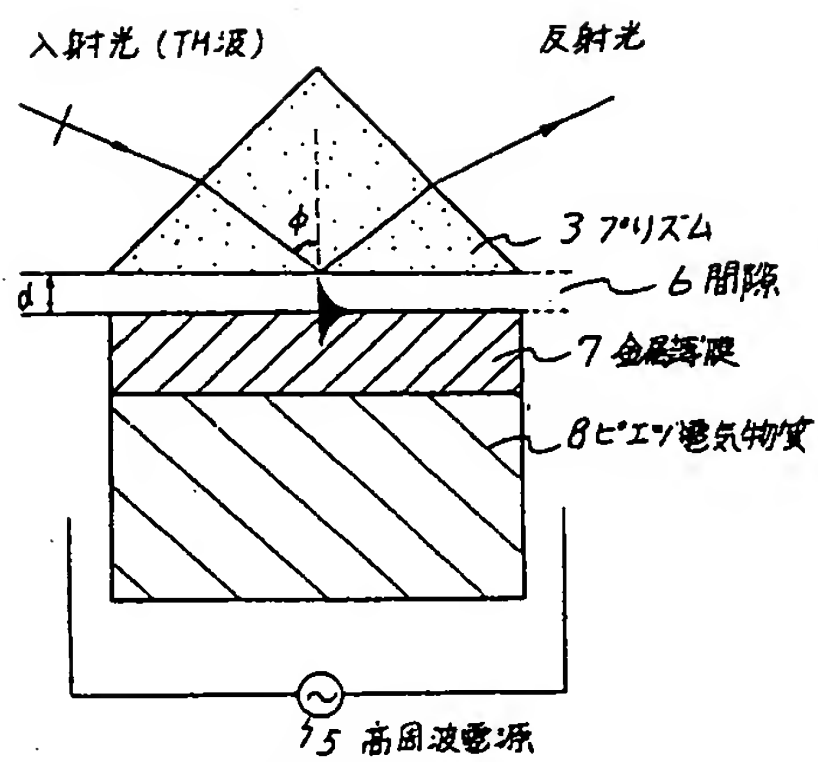
第 2 図



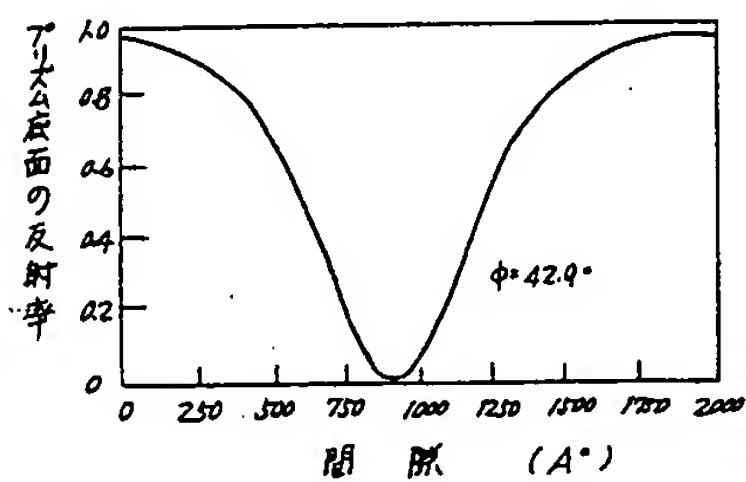
第 3 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図